

## Моделирование теплового движения дисперсной системы в замкнутой полости прямоугольного сечения при подогреве нижней грани

**Валиуллина Вилена Ильшатовна**

*Замула Юрий Сергеевич, Мусин Айрат Ахматович, Тухбатова Эльмира Равиловна*

*Башикирский государственный университет*

*Замула Юрий Сергеевич, Мусин Айрат Ахматович*

*[vilenches@gmail.com](mailto:vilenches@gmail.com)*

Одним из наиболее распространенных явлений в природе и промышленности является естественная конвекция, например, при химических реакциях в некоторых растворах [1]. В настоящее время существует большое количество исследований [2,3], направленных на изучение влияния различных физических полей на процесс расслоения дисперсных систем, вместе с тем, некоторые важные процессы, такие как образование и развитие конвективных течений в дисперсной системе при тепловом воздействии, остаются недостаточно изученными.

Целью данной работы является изучение динамики движения диспергированных частиц, взвешенных в вязкой жидкости, в вертикальной ячейке методами экспериментального и численного моделирования.

Экспериментальная установка состоит из ячейки, выполненной из монолитного поликарбоната, с возможностью подогрева граней. В верхней и нижней частях ячейки расположены цилиндрические медные трубки. Температура в них регулируется за счет двух термостатов LAUDA Alfa A6 и LOIP LT-117b, работающих в диапазоне температур от 20 до 100°C (рис. 1). В качестве дисперсной среды использовалась суспензия концентрацией 1,5% об., состоящая из частиц, взвешенных в глицерине. Вязкость суспензии составила 1,696 Па·с при 20°C.

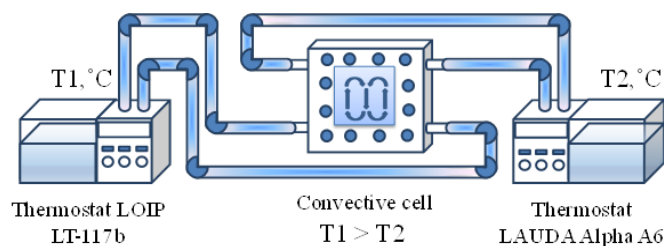


рис.1. Схема экспериментальной установки

Было проведено экспериментальное моделирование динамики движения дисперсной системы в условиях тепловой конвекции. Во время исследования был использован различный вертикальный градиент температур. На верхней грани ячейки поддерживалась постоянная температура 20°C, а на нижней грани – температура изменялась от 30 до 70°C с шагом в 10°C. Результаты моделирования, полученные при перепаде температур 20°C, представлены на рис.2.

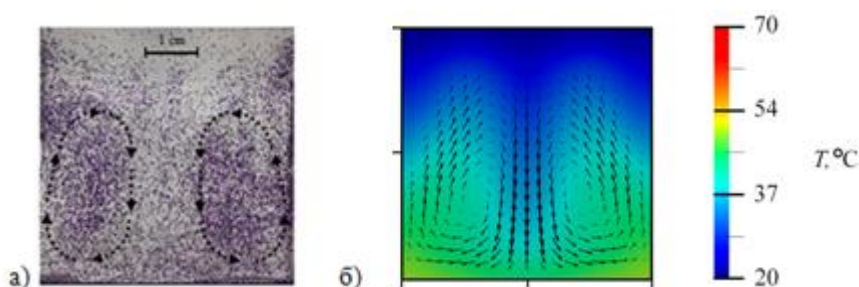


рис.2. Результаты моделирования динамики движения частиц в конвективных потоках при температурах на нижней грани – 40°C, верхней – 20°C: а) эксперимент; б) численный расчет

Из рис.2а видно, что образуются два симметричных вихря, направленных внутрь ячейки, основная масса частиц сконцентрирована в ядрах потоков. Стрелки указывают на направление скорости. С учетом экспериментальных данных была построена численная модель (рис.2б), наглядно показано распределение тепла в ячейке: холодные потоки опускаются вниз по центру ячейки, горячие – поднимаются вверх в противоположном направлении относительно друг друга, образуя симметричные вихри. Картины течений хорошо согласуются с результатами эксперимента.

Таким образом, было выявлено, что характер расслоения дисперсной системы зависит от вида конвективных течений, возникающих в жидкости при изменении величины градиента температур.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №19-11-00298). Все исследования проводились на базе центра “Микро- и наномасштабная динамика дисперсных систем” Башкирского государственного университета.

Список публикаций:

- [1] Костарев К. Г., Шмыров А. В. Конвекция жидкого мономера при фотополимеризации гелей в центробежном поле // Конвективные течения. – 2005. – №. 2.
- [2] Winkel, F., Messlinger, S., Schopf, W., Rehberg, I., Siebenburger, M., and Ballauff, M., Thermal convection in a thermosensitive colloidal suspension, *New J. Phys.*, vol. 12, 053003, 2010
- [3] Тухбатова Э.Р., Мусин А.А., Юлмухаметова Р.Р., Ковалева Л.А. Исследование влияния тепловой конвекции на процесс разрушения водонефтяной эмульсии при СВЧ воздействии // Вестник Башкирского университета // 2017, Т.22, №4, С.930–934.

## **Анализ технологических показателей разработки месторождения при осуществлении водогазового воздействия на нефтяной пласт в рамках трехфазной фильтрационной модели**

**Дмитриев Игорь Олегович**

**Шевелёв Александр Павлович**

**Тюменский государственный университет**

**Фёдоров Константин Михайлович**

**I.O.Dmitriev@utmn.ru**

Применяемые в настоящее время технологии увеличения нефтеотдачи включают в себя множество различных методик, ориентированных на повышение эффективности извлечения нефти. Одной из таких методик является воздействие на пласт путём одновременной или попеременной (оторочечной) закачки воды и природного газа. Для достижения наилучших показателей эффективности требуется проведение комплексных исследований, определяющих оптимальный состав применяемого газа, технику его закачки, а также достижимость смешиваемости газа с нефтью. Согласно многочисленным экспериментальным и численным исследованиям, максимальный контроль подвижности, а следовательно, и равномерность фронта вытеснения достигается в широком диапазоне газовойодяных соотношений [1].

Одним из важнейших этапов рабочего процесса для исследования массопереноса при трёхфазной фильтрации в коллекторе является определение и наглядное представление взаимосвязи между содержанием нефтяной, водной и газовой фаз и фазовыми проницаемостями коллектора. В статье использованы треугольные диаграммы насыщенности, на которых отображены линии, соответствующие определённым значениям относительной фазовой проницаемости. Сложность данного этапа исследования представляет трудоёмкость и дороговизна экспериментального определения ОФП в трёх фазах, вследствие чего было предложено несколько эмпирических моделей построения моделей трёхфазных ОФП (далее 3-ОФП) по имеющимся экспериментальным данным о двухфазных ОФП [2]. Однако, в зависимости от условий смачиваемости коллектора, модельные 3-ОФП нередко дают различные результаты для процессов дренажа и пропитывания, что приводит к неточности в прогнозировании технологических параметров ВГВ. Кроме того, часто применяемая на практике концепция представляющая изопермы на треугольной диаграмме прямыми линиями, не является однозначно подходящей для процесса смешивающегося вытеснения [3].

Для увеличения достоверности результатов моделирования 3-ОФП в работе, была написана программа на языке Delphi, обеспечивающая построение изоперм в соответствии с двумя моделями Стоуна. Методика применения моделей Стоуна и их сравнение с другими моделями 3-ОФП ранее было подробно изложено [4]. Для двухфазной проницаемости были приняты следующие параметры: остаточная водонасыщенность – 0,22, остаточная нефтенасыщенность при вытеснении водой – 0,26, газом – 0,26, остаточная газонасыщенность отсутствует. Смачивающей фазой для коллектора является вода, несмачивающей – газ, нефтяная фаза принята в качестве промежуточной. На рис. 1 и рис. 2 представлены изопермы для нефти согласно модели Stone 1 (красный цвет) и модели Stone (коричневый цвет). Изопермы соответствуют слева направо значениям ОФП нефти равным 0,6, 0,4, 0,2 и 0,02. Синий треугольник условно ограничивает исследуемую зону линиями остаточной нефтенасыщенности (левая сторона), водонасыщенности (правая сторона) и газонасыщенности (нижняя сторона). Как видно из рисунков, прогноз для 3-ОФП достаточно точно совпадает в областях порядка 0,1 и значительно отличается (более 30%) в области с проницаемостью порядка 0,01, соответствующей области с низким содержанием нефти. Данная зона была определена как зона сниженной точности и показана оранжевым цветом на рис.3.

Применение треугольных диаграмм позволяет наглядно представить тип смешиваемости, наблюдаемой в пласте и соответствующей межфазные переходы, которые могут наблюдаться при изменении содержания фаз,